

⑨ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Patentschrift

⑩ DE 41 22 369 C 1

⑪ Int. Cl. 5.

B 01 J 10/00

B 01 J 19/32

B 01 D 3/00

DE 41 22 369 C 1

⑪ Aktenzeichen P 41 22 369 1-41  
⑫ Anmeldetag 5. 7. 91  
⑬ Offenlegungstag -  
⑭ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 22. 10. 92

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Rainer Richter GmbH, 5439 Hof, DE

⑯ Erfinder:

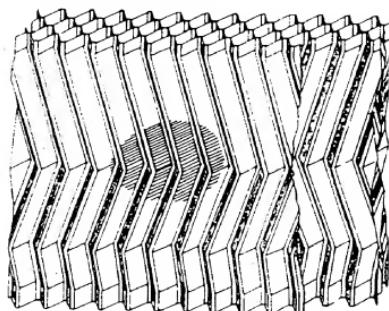
Hoppe, Klaus, Dr.-Ing., D-3022 Magdeburg, DE;  
Gambert, Rolf, Dr.-Ing.; Weinhold, Gerd, Dipl.-Ing.,  
D-7240 Grimma, DE; Richter, Rainer, 5439 Hof, DE;  
Biller, Hans, Dipl.-Ing., D-7050 Leipzig, DE; Hellmold,  
Jürgen, Dipl.-Ing., D-7024 Leipzig, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 31 40 640 C2  
DE 39 18 483 A1  
AT 39 20 17 B  
EP 03 94 718 A1

⑯ Packung für den Wärme- und Stoffaustausch zwischen flüssigen und gasförmigen Medien

⑯ Die Erfindung betrifft eine Packung für den Wärme- und Stoffaustausch zwischen flüssigen und gasförmigen Medien im Gegenstrom, die aus einer Vielzahl im wesentlichen senkrecht stehender, durch Wellungen oder Faltungen profiliert und alternierend angeordneter Packungselemente besteht, wobei die Profile übereinander angeordneter Packungsbereiche eines Packungselements eine gegenüber der Vertikalen entgegengesetzte Neigung besitzen und sich mit denen benachbarter Packungselemente kreuzen. Die Packung ist gekennzeichnet durch übereinander liegende Packungsbereiche, deren Höhe in Strömungsrichtung der flüssigen Phase in diskreten Schritten abnimmt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Packung für den Wärme- und Stoffaustausch zwischen flüssigen und gasförmigen Medien gemäß dem Oberbegriff des 1. Patentanspruchs.

Eine solche Packung ist gemäß der DE-PS 31 40 640 bekannt. Sie besteht aus regelmäßig gefalteten, zick-zackförmigen Schichten, die so zusammengesetzt sind, daß sich die Faltungen benachbarter Lagen kreuzen.

Dieses Grundprinzip eines Packungsaufbaus ist leicht herzustellen, gut handhabbar und besitzt für viele Anwendungsfälle eine recht hohe Leistungsfähigkeit. In dem Bemühen die Leistungsfähigkeit zu steigern bzw. für spezielle Anwendungen zu optimieren, hat das g. Grundprinzip eine Vielzahl von Variationen erfahren.

Die EP-03 94 718 offenbart eine Rieseleinbaulement, bestehend aus einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Platten mit kanalförmigen Ausprägungen, die zwei Hauptströmungsrichtungen ermöglichen. Dabei sollen die Kanalausprägungen zusätzlich quer zu den beiden Hauptausdehnungsrichtungen verformt sein.

Aus AT-PS 3 92 017 ist eine Packung mit Durchlaßkanälen bekannt, wobei sich die die Durchlaßkanäle bildenden Profile benachbarter Packungselemente ebenfalls kreuzen können. Wegen des schraubenartigen Verlaufs der Durchlaßkanäle entstehen gleichfalls Packungsbereiche mit gegenüber der Vertikalen entgegengesetzten Neigung, die aber wegen der Schraubung der Kanäle nicht in der gleichen Ebene liegen. Die Schraubung ist gegenüber der Vertikalen mit konstanter Steigung geneigt.

Die Leistungsfähigkeit der Packung hängt aber von vielen Faktoren ab, so z. B. vom Ausnutzungsgrad der installierten geometrischen Oberfläche, der vertikalen Flüssigkeits- und Gasdurchmischung und dem gasseitigen Druckverlust, aber auch die Grenzflächenerneuerung der Flüssigphase ist von Einfluß.

Auswirkungen auf die Grenzflächenerneuerung haben insbesondere die Mikrostruktur des verwendeten Materials bzw. gezielt vorgesehene Feinstrukturen, wenn die Hydrophilie und Rauhigkeit des Materials nicht ausreicht. So offenbart beispielsweise die DE-OS 27 22 556 eine solche Feinstruktur (Riffelung), die fallweise, wellen- oder rippenartig gestaltet sein kann und winklig zu den Längsachsen der Grobstruktur verläuft.

Auch der Füllkörper gemäß der DE-OS 39 18 483 besitzt auf seinen gewellten oder gefalteten Folien bzw. Platten eine Feinstruktur. Seine Besonderheit besteht jedoch darin, daß die sich kreuzenden Wellungen oder Faltungen benachbarter Folien bzw. Platten im unteren Teil parallel und nach oben hin mit zunehmender Neigung verlaufen. Vorzugsweise sollen die Wellungen oder Faltungen als kontinuierlich verlaufende Krümmungen ausgebildet sein. Diese Ausführungsform des Füllkörpers bedingt in seinem oberen Bereich die größte Kreuzungspunktdichte der Wellungen oder Faltungen. Damit ist im Gasaustauschbereich des Füllkörpers der größte Turbulenzgrad anzutreffen, wodurch beim Übertritt des Gases in die nächste Füllkörperschicht ein relativ großer Druckverlust hinzunehmen ist.

Da dieser Füllkörper auch keine Neigungsumkehr seiner Wellungen oder Faltungen innerhalb einer Schicht vorsieht, ist auch nur mit einer mäßigen Quervermischung des Gases zu rechnen. Schwerwiegender ist jedoch die Tatsache, daß die von oben nicht direkt anströmbarer Flächen, d. h. die dem Flüssigkeitsstrom abgekehrten Rieselflächen, insbesondere im oberen

Füllkörperbereich, nicht oder nur schlecht benetzt werden. Aber auch die dadurch fehlende Umkehr der Wirkung der Schwerkraft auf den Flüssigkeitsfilm vermindert die Erneuerungsfähigkeit in seiner Grenzschicht.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Packung gemäß der Gattung des 1. Patentanspruchs zu entwickeln, deren Grobstruktur unter Beibehaltung des bewährten prinzipiellen Aufbaus weitestgehend optimale Bedingungen zwischen der Effizienz von Wärme- und Stoffübertragung sowie den hydraulischen und aerodynamischen Verhältnissen schafft.

Insbesondere sollen die beschriebenen Nachteile des Standes der Technik vermieden werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch das Kennzeichen des 1. Patentanspruchs gelöst. Danach ist die erfindungsgemäße Packung in Packungsbereiche gegliedert, deren Höhe sich in Strömungsrichtung der flüssigen Phase in diskreten Schritten verringert. Die Schrittweite entspricht der Höhe des Abstandes zweier Berührungs punktebenen. Diese Berührungs punktebenen werden gebildet durch die Berührungs punkte der Grobprofile benachbarter Packungselemente, wie Folien, Platten oder Matten.

Die Packungsbereiche unterscheiden sich aber auch hinsichtlich der Neigungsrichtung ihrer Wellungen oder Faltungen bezüglich der Vertikalen. Sie enden vorzugsweise in einer Berührungs punktebene.

Vorteilhaft ist die Ausbildung eines kurzen unteren Packungsbereiches, der sich ausschließlich zwischen zwei benachbarten Berührungs punktebenen erstrecken sollte. Hierbei hat sich als günstig erwiesen, wenn die Höhe dieses Packungsbereiches nicht größer als die dreifache Länge einer Volperiode der Wellung oder Faltung ist.

Die Nutzung einer Packung mit drei übereinander angeordneten Packungsbereichen, deren Höhen sich wie 3 : 2 : 1 verhalten, hat sich bei gleichzeitiger Einhaltung der in Anspruch 4 beschriebenen Bedingung als weitestgehend optimale Variante der Erfindung herausgestellt, da sie eine gute Abstimmung zwischen den Wärme- und Stoffübertragungsbedingungen sowie den hydraulischen und aerodynamischen Verhältnissen herbeiführt.

Zur Vermeidung unnötiger gasseitiger Druckverluste wird man zwischen den einzelnen übereinander gestapelten und um 90° versetzten Packungen Einlauf- bzw. Auslaufzonen. Ihre Profilängsachsen verlaufen vertikal und bilden mit den benachbarten Packungselementen gemeinsame Berührungs linien. Vorzugsweise sind diese die Packung begrenzenden Einlauf-/Auslaufzonen gleich an den einzelnen Packungselementen angeformt, so daß sie eine Einheit bilden und gut handhabbare Gebilde darstellen.

Um eine maximale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Oberfläche unter allen Prozeßbedingungen zu gewährleisten, besitzen die Profilierungen (Grobprofile) eine feingliedrige Struktur, die z. B. wellen-, falten- oder rippenartig sein kann. Die Längsachsen dieser Feinstrukturen verlaufen vorzugsweise horizontal zur Einbaulage. Entsprechend erfährt die Flüssigkeit stets eine horizontale Feinverteilung und die Einlaufphase bis zur Ausbildung eines geschlossenen Flüssigkeitsfilms ist kurz.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der dargestellten Figuren näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 Perspektivische Darstellung eines Ausschnittes der Packung

Fig. 2 Schematische Darstellung der Seitenansicht der Packung

Fig. 3 Draufsicht auf eine Einlauf- bzw. Auslaufzone mit trapezförmig gefalteten Packungselementen.

Zur Verdeutlichung der inneren Packungsstruktur wurde die perspektivische Darstellung der erfindungsgemäßen Packung (Fig. 1) aufgebrochen. Man erkennt deutlich die wechselseitige Neigung der Längssachsen der trapezförmigen Profilierungen in den einzelnen übereinander angeordneten Packungsbereichen 2a, 2b, 2c. Dabei bieten die in der Packungselementebene verlaufenden schmalen Flächen 9 der trapezförmigen Profilierungen in ihren Kreuzungsbereichen ausreichend Möglichkeit zur Verbindung benachbarter Packungselemente 1a, 1b untereinander, z. B. durch kleben.

Aus Fig. 2, der schematischen Darstellung der Seitenansicht der Packung, ist zu entnehmen, daß der Neigungswinkel der Profilierung in allen Packungsbereichen 2a, 2b, 2c gleich groß ist und gemäß dieser Ausführung ca. 20° beträgt. Somit befinden sich die durch die Berührungsstellen 3 der Profile gebildeten benachbarten Berührungsstufen 4, 5 in gleichen Abständen zueinander. Da sich an den Orten der Berührungsstellen 3 die Befestigungsflächen der benachbarten Packungselemente 1a, 1b befinden, wird eine ebenso homogene Festigkeit der Packung erreicht.

Die einzelnen Packungsbereiche 2a, 2b, 2c enden stets in einer Berührungsstufe 4, um die Übergangsbedingungen der gasförmigen und flüssigen Phase in den sich anschließenden Packungsbereich 2a, 2b, 2c optimal zu gestalten. Diesem Zweck dient auch die am obersten bzw. untersten Packungsende einstückig angeformte Auslauf- bzw. Einlaufzone 6, 7, deren Profilflächen nicht geneigt sind, sondern vertikal verlaufen.

Fig. 3 zeigt die Draufsicht auf eine Einlauf- bzw. Auslaufzone 6, 7 trapezförmig gefalteter Packungselemente 1a, 1b. Sie bieten über ihre gesamte Höhe Berührungsflächen, an denen sie mit benachbarten Packungselementen 1a, 1b verbindbar sind. Dadurch steigt an den sensiblen Packungsenden die mechanische Belastbarkeit. Die Vermeidung von Beschädigungen, z. B. durch das Begehen der Packung oder Druckstellen bei hohen Stapelungen, garantiert ihre dauerhafte Leistungsfähigkeit.

Die Höhe der einzelnen Packungsbereiche 2a, 2b, 2c verhält sich in Strömungsrichtung der fluiden Phase wie 3 : 2 : 1. Ihre Höhe verringert sich um jeweils den diskreten Schritt eines vertikalen Abstandes zwischen zwei Berührungsstufen 4, 5. Dabei erstreckt sich der unterste Packungsbereich 2a nur noch zwischen zwei benachbarten Berührungsstufen 4. Seine Höhe entspricht etwa der dreifachen Länge einer Vollperiode der schon beschriebenen Profilierungen trapezförmigen Profilierungen.

Wie in Fig. 1 angedeutet ist, besitzen die Rieselflächen 11, 12 eine horizontal zur Einbaulage der Packung verlaufende Feinstruktur, die wellen-, falten- oder rippenartig ausgebildet sein kann.

Die Wirkungsweise der Packung wird nun zwar ausschließlich als Einbau zum Kühlen von Wasser durch Luft in einem Kühltrum beschrieben, jedoch wird ihr erfindungsgemäßer Einsatz auch für andere Prozesse des Wärme- und Stoffaustauschs sowie ihr Einsatz als Rieselkörper beansprucht.

Das Wasser gelangt zunächst aus einem Flüssigkeitsverteilersystem (z. B. Sprühdüsensystem) in die Ein-/Auslaufzone 7 der Packung. Nach einem sehr kurzen Lauf tritt das Wasser in den obersten und höchsten

Packungsbereich 2c ein. Seine geeigneten trapezförmigen Profile gewährleisten in Verbindung mit der horizontal verlaufenden Feinstruktur 8 auf einer relativ großen Laufstrecke die gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit.

Auf die Flüssigkeitsfilme der sich gegenüberliegenden Rieselflächen 11, 12 wirkt die Erdbeschleunigung unterschiedlich. Während der eine Flüssigkeitsfilm die geneigte Fläche als "Unterlage" hat, rinnt der andere Flüssigkeitsfilm an der geneigten flachen "hängend" herab. Beim Übertreten der Flüssigkeit in den darunterliegenden Packungsbereich 2b erfolgt dann eine Umschichtung der Flüssigkeitsfilme und damit eine Grenzflächenerneuerung des Rieselfilms aufgrund der nun auch umgekehrten Wirkung der Erdbeschleunigung auf diese.

Die Flüssigkeitsaufgabe in den oberen Packungsbereichen 2c kann natürlich auch von einer darüber befindlichen Packungslage erfolgen, die üblicherweise um 90° versetzt angeordnet ist. Die Übergangsbereiche der Packungslagen erfordern eine Neuausbildung des Flüssigkeitsfilms. Erfindungsgemäß erfolgt dies im obersten Packungsbereich 2c mit seiner längsten kontinuierlichen Laufstrecke in einem Packungselement 1a, 1b. Der kontinuierliche Übergang der Flüssigkeit in die nachfolgenden Packungsbereiche 2b, 2a mit sich verändernder Höhe stellt wesentlich geringfügigere Störungen für die sich ausgebildete Filmsströmung dar, weshalb auch kürzere Laufstrecken zur Neuformierung des Flüssigkeitsfilms erforderlich sind. Eine allseitige Benetzung der Packungselemente 1a, 1b bei gleichzeitiger tiefründiger Durchmischung der Flüssigkeit bildet so eine wichtige Grundlage für gute Wärme- und ggf. Stoffaustausch-ergebnisse.

Die Luft tritt nach dem Passieren der vertikal strukturierten Ein-/Auslaufzone 6 ebenfalls weitestgehend vertikal in den untersten zwischen zwei Berührungsstufen 4 liegenden Packungsbereich 2a. Er ist so kurz, daß die Luft ihn bei fast unmerklicher Umlenkung passieren und in den darüber angeordneten Packungsbereich 2b eintreten kann. Die bis dahin relativ geringe Umlenkung der Luft in der Packungselementebene verursachen einen vergleichsweise niedrigen Druckverlust. Mit nach oben zunehmender Umlenkungsintensität steigen auch die Turbulenzen und damit der Quervermischungsgrad der "winklig" verlaufenden Teilgasströme.

Durch die Paarung eines sich neu formierenden Flüssigkeitsfilms im oberen Bereich der Packung mit der dort herrschenden relativ hohen Turbulenz des Gases und sich nach unten gewissermaßen umkehrenden Verhältnissen, nämlich der Paarung eines voll ausgebildeten, "häufiger" umgeschichteten Flüssigkeitsfilms mit der dort herrschenden niedrigen Turbulenz des Gases, stellt die erfindungsgemäße Packung eine weitestgehend optimale Gestaltung für viele Prozesse der Wärme- und Stoffübertragung dar. Durch diese erfindungsgemäß erzielte Abstimmung der Verhältnisse zwischen der gasförmigen und flüssigen Phase über die gesamte Packungshöhe werden hohe verfahrenstechnische Parameter bei hohem Wirkungsgrad erzielt.

#### Aufstellung der verwendeten Bezeichnungen

- 1a — Packungselement
- 1b — Packungselement
- 2a — Packungsbereich
- 2b — Packungsbereich
- 2c — Packungsbereich

3 — Berührungs punkt  
 4 — Berührungs punkt ebene (begrenzen Packungs be-  
 reiche)  
 5 — Berührungs punkt ebene (innerhalb der Pak-  
 kungs bereiche)  
 6 — Ein-/Auslauf zone  
 7 — Ein-/Auslauf zone  
 8 — feingliedrige Struktur  
 9 — Flächen trapezförmiger Profilierung  
 10 — Berührungs flächen (Ein-/Auslauf zone)  
 11 — Riesel flächen (der Flüssigkeits strömung abge-  
 wandt, Flüssigkeits film "hängend")  
 12 — Riesel flächen (der Flüssigkeits strömung zuge-  
 wandt, Flüssigkeits film "aufliegend")

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Packung für den Wärme- und Stoffaustausch 20 zwischen flüssigen und gasförmigen Medien im Ge-  
 genstrom, insbesondere für die Wasserkühlung  
 durch Luft in Kühl turmen oder als Rieselkörper,  
 bestehend aus einer Vielzahl im wesentlichen senk-  
 recht stehender, durch Wellungen oder Faltungen 25 profiliert er und alternierend angeordneten folien-  
 platten- oder mattenartigen Packungselementen, so  
 daß sich die Längsachsen der Profile mit denen der  
 benachbarten Packungselemente kreuzen und da-  
 durch Berührungs punkte bilden, und wobei die 30 Profile übereinander angeordneter Packungsberei-  
 che eines Packungselementes eine gegenüber der  
 Vertikalen entgegengesetzte Neigung besitzen, da-  
 durch gekennzeichnet, daß die Höhe der Pak-  
 kungsbereiche (2a, 2b, 2c) in Strömungsrichtung 35  
 der fluiden Phase in diskreten Schritten derart ab-  
 nimmt, daß die durch die Berührungs punkte (3) be-  
 nachbarten Packungselemente (1a, 1b) gebildeten  
 Berührungs punkt ebene (4, 5) jeweils um wenig-  
 stens eine Berührungs punkt ebene (5) reduziert 40 sind.  
 2. Packung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
 net, daß die obere und untere Begrenzung eines  
 Packungsbereiches in einer Berührungs punkt eb-  
 ene (4) endet.  
 3. Packung nach Anspruch 1 und 2, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß sich zwischen zwei benachbar-  
 ten Berührungs punkt ebene (4) der unterste Pak-  
 kungsbereich (2a) erstreckt.  
 4. Packung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekenn- 50  
 zeichnet, daß die Höhe des untersten Packungsbe-  
 reiches (2a) höchstens 3mal so groß ist wie die Län-  
 ge einer Vollperiode einer Profilierung.  
 5. Packung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß drei Packungsbereiche (2a, 2b, 2c) 55  
 übereinander angeordnet sind, deren Höhen sich  
 verhalten wie 3 : 2 : 1.  
 6. Packung nach Anspruch 1 und 2, dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß sich an dem untersten Packungs-  
 bereich (2a) und dem obersten Packungsbereich 60 (2c) eine Einlauf zone (6) bzw. Auslauf zone (7) an-  
 schließen, deren Profil längsachsen vertikal verlaufen  
 und mit benachbarten Packungselementen (1a,  
 1b) gemeinsame Berührungs linien bilden.  
 7. Packung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich- 65  
 net, daß die Profilierungen eine feingliedrige Struk-  
 tur besitzen, deren Längsachsen vorzugsweise ho-  
 rizontal zur Einbaulage verlaufen.

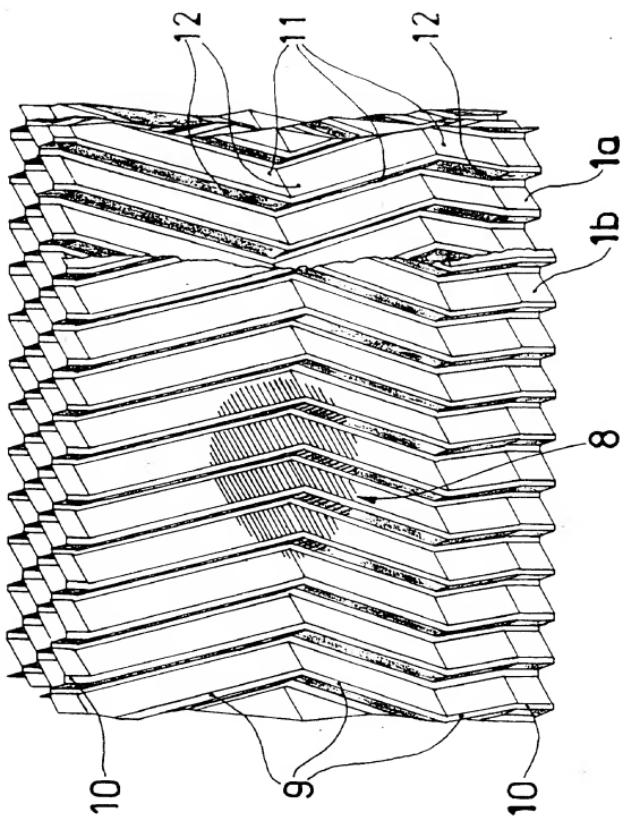


Fig. 1

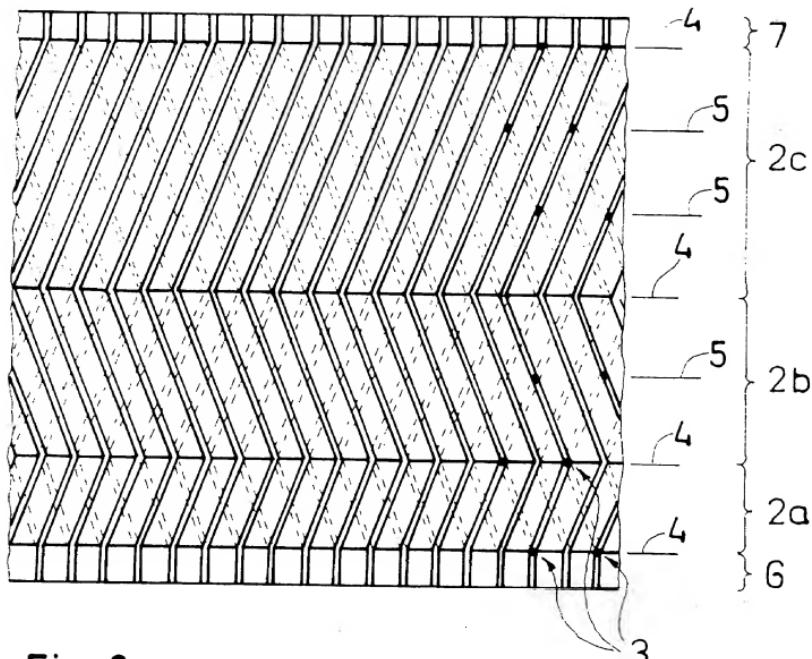


Fig 2

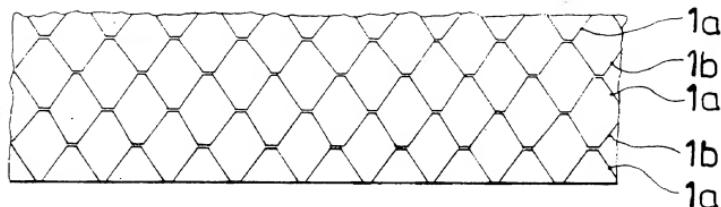


Fig 3